

# Inventering av bergborrade brunnar för dricksvatten i område med risk för salt grundvatten

– en utredning av grundvattensituationen i Vreta-Ytternäs i Uppsala kommun

*Inventory of drilled wells for drinking water in an area with a risk of saline groundwater*

*– an investigation of the groundwater situation in Vreta-Ytternäs in the municipality of Uppsala*

Andreas Sidenqvist



Kandidatuppsats i miljövetenskap  
Kandidatprogrammet – Biologi och markvetenskap



SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö

Andreas Sidenqvist

Inventering av bergborrade brunnar för dricksvatten i område med risk för salt grundvatten – en utredning av grundvattensituationen i Vreta-Ytternäs i Uppsala kommun  
Inventory of drilled wells for drinking water in an area with a risk of saline groundwater – an investigation of the groundwater situation in Vreta-Ytternäs in the municipality of Uppsala

Handledare: Torbjörn Nilsson, institutionen för mark och miljö, SLU  
Examinator: Lars Lundin, institutionen för mark och miljö, SLU

EX0688, Självständigt arbete i miljövetenskap - kandidatarbete, 15 hp, Grundnivå, G2E  
Kandidatprogrammet Biologi och miljövetenskap 180 hp

Serienamn: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU  
2014:06

Uppsala 2014

Nyckelord: kontamination, saltvatten, klorid, dricksvatten, borrhälsbrunn

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Omslag: foto Uppsala kommuns miljökontor



## Abstract

The city of Uppsala and its surroundings are a very expansive area. A prerequisite for a sustainable development of the area is well-functioning supply of drinking water. In Uppsala municipality, the Uppsala esker and Vattholma esker are the groundwater storages for drinking water. Besides the eskers, other sources of qualitative groundwater in the Uppsala municipality are relatively poor and more than half of the area consists of ground conditions with a risk of saline groundwater. The neighbourhood of Vreta-Ytternäs is situated 10 km south of Uppsala, in the area with risk of saline groundwater but outside the municipal water supply. In mid 20<sup>th</sup> century, the region was generally used as a recreational area with mainly cottages as residencies. In the late 20<sup>th</sup> century, houses made for permanent use were built and nowadays they have their own drinking water supply, consisting mostly of drilled wells. This makes the Vreta-Ytternäs area dependable of qualitative groundwater. Together with Uppsala municipally environment office, this study has been made in order to investigate possible saline contamination in the ground water used as drinking water in Vreta-Ytternäs. Together with water samples, data consisting of depths of the wells, age, water capacity and geographical location were collected in order to compare with saline concentration. Out of 183 wells, 56 water samples were gathered and analysed, which gives the response rate of 30 %. In order to analyse the content of saline in the drinking water, the chloride concentration was measured. The critical limit of chloride was determined to 50 mg/l. Chloride concentrations of 50 mg/l or more were found in 29 % of the wells. Even though the association was slightly positive, significance was not reached between increasing concentration of chloride and wells with rising age, higher water capacity or increasing depth. Nor a geographic correlation between the wells with a specific chloride concentration was found. In general, high concentrations of chloride (in average 54 mg/l) were detected in the area, which proves the theory regarding Vreta-Ytternäs being a high-risk area for saline contaminated water. This information about the drinking water quality is useful for the residents in the area, whom are planning to build a well. The information is also helpful for the environment office when they make assessments of building permit applications.

## Sammanfattning

Till Uppsala stad med omnejd sker en stadig befolkningstillväxt. En förutsättning för hållbar utveckling i kommunen är en fungerande dricksvattenförsörjning, vilket i Uppsala kommun sker med Uppsalaåsen och Vattholmaåsen som grundvattenmagasin för dricksvatten. Utöver åsarna är förutsättningarna för kvalitativt bra grundvatten förhållandevis dåliga och mer än hälften av Uppsala kommun utgörs av markförhållandet med risk för salt grundvatten.

Bostadsområdet Vreta-Ytternäs är beläget ca 1 mil söder om Uppsala inom riskområdet för salt grundvatten, men utanför det kommunala nätet för vattenförsörjning. Området var under 1900 – talets mitt främst ett område för fritidshus men som på senare år expanderat och består idag av störst andel permanentboenden med egen dricksvattenbrunn. Det gör området beroende av goda grundvattenförhållanden som källa för dricksvatten. I samarbete med Uppsala kommuns miljökontor har en inventering av områdets dricksvatten gjorts i syfte att eventuellt upptäcka dricksvatten påverkat av saltvatten. Data om brunnarnas djup, ålder, vattenkapacitet, geografiska läge samt kloridhalt är de parametrar som jämförts för att undersöka eventuella samband. Provtagning och analys av råvattnet skedde i nästan en tredjedel (56 st) av totalt 183 brunnar i området. För att mäta salthalten mättes kloridkoncentrationen. Den kritiska gränsen för klorid (salt) i dricksvattnet är 50 mg/l, vilken överskreds i 29 % av brunnarna. Några signifikanta samband mellan stigande kloridhalt och brunnens ökande ålder, högre vattenkapacitet eller större brunnsdjup kunde inte påvisas, även om sambanden var svagt positiva. Inte heller någon geografisk korrelation mellan brunnar med specifik kloridhalt kan påvisas. En generellt hög kloridhalt kunde dock påvisas i området med ett genomsnitt på 54 mg/l vilket förstärker misstankarna om att området är riskområde för salt grundvatten. Uppgifter gällande dricksvattenkvalitet är värdefulla för boende i området vilka tänkt anlägga dricksvattenbrunn, men även för miljökontoret i bedömningar gällande lösningen för dricksvatten vid exempelvis bygglovsansökningar.

# Innehållsförteckning

<b>INLEDNING.....</b>	<b>7</b>
<b>BAKGRUND .....</b>	<b>8</b>
OMRÅDESBESKRIVNING.....	8
PROBLEMBESKRIVNING .....	9
SYFTE.....	9
<b>FÖRSTUDIE .....</b>	<b>10</b>
LAGAR OCH REGLER KRING VATTENKVALITET .....	10
VATTNETS KRETSLOPP .....	11
GRUNDVATTEN .....	12
KLORID I DRICKSVATTEN.....	13
ORSAKER TILL HÖGA KLORIDHALTER I EGEN BRUNN .....	14
ATT UNDVIKA KLORID I EGEN BRUNN .....	15
BRUNNSTYPER .....	16
<b>METOD .....</b>	<b>17</b>
INSAMLING AV VATTENPROVER. ....	17
BRUNNSINVENTERING .....	17
<b>RESULTAT .....</b>	<b>18</b>
SVARSFREKVENNS.....	18
MÄTNINGAR AV PH .....	18
FÖRDELNING AV KLORIDHALT.....	18
GEOGRAFISK FÖRDELNING AV KLORIDHALTEN .....	18
BRUNNENS DJUP .....	19
KAPACITET.....	20
BRUNNENS ÅLDER.....	21
<b>DISKUSSION.....</b>	<b>23</b>
FÖRDELNING AV KLORIDHALT.....	23
FÖRDELNING AV PH .....	23
GEOGRAFISK FÖRDELNING AV KLORIDHALTEN .....	23
BRUNNENS DJUP .....	23
BRUNNENS ÅLDER.....	24
VATTENKAPACITET .....	24
ÖVRIGA ORSAKER.....	25
<b>SLUTSATS.....</b>	<b>26</b>
<b>FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER .....</b>	<b>26</b>
<b>TACK .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENSER .....</b>	<b>28</b>
BÖCKER OCH ANDRA TRYCKTA PUBLIKATIONER.....	28
INTERNETSIDOR.....	28
ÖPUBLICERADE KÄLLOR.....	29
MUNTliga/SKRIFTLIGA.....	29
<b>BILAGA 1. FÖRFRÅGNING OM PROVTAGNING .....</b>	<b>30</b>
<b>BILAGA 2. HACH TESTKIT 8-P CHLORIDE LOW .....</b>	<b>32</b>
<b>BILAGA 3. MÄTDATA.....</b>	<b>33</b>





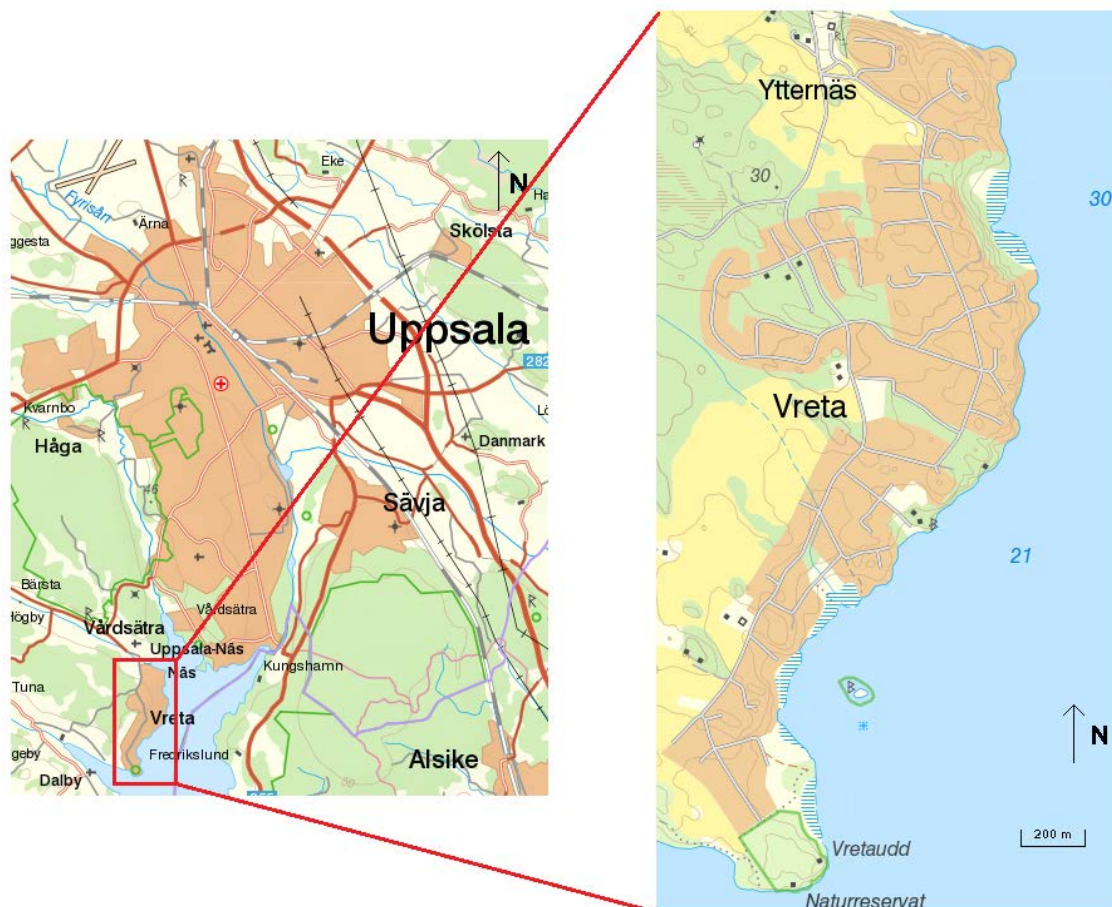
## Inledning

Uppsala kommun är med sina drygt 200 000 invånare Sveriges fjärde största kommun. Det är attraktivt att bygga och bo i kommunen med en stadig befolkningstillväxt om cirka 3000 - 4000 personer per år (Statistiska centralbyrån, 2013). En av Uppsalas stora utmaningar är därför att kunna säkerställa kvalitén av de naturresurser vilka kan försörja en expansiv kommun på ett hållbart sätt. En av dessa resurser är tillgången på dricksvatten. I Uppsala är tillgången på kvalitativt bra grundvatten som källa för dricksvatten ojämnt fördelad. Uppsalaåsen och Vattholmaåsen är de viktigaste grundvattenmagasinen. Grundvattnet i åsarna utgörs delvis av naturligt infiltrerat grundvatten men även genom konstgjord infiltration (ca 50 %) från Fyrisån. Detta grundvatten beräknas kunna försörja en ökande befolkningstillväxt i Uppsala stad och de större tätorterna till 2030 (Uppsala kommun, 2010). Utöver åsarna utgörs kommunen av ett slättlandskap där tillgången på grundvatten är begränsad eller liten. Berggrunden utgörs främst av sura intrusiva bergarter (primär granit) som medför förhöjd risk för radon och uran i grundvattnet. I övrigt utgörs stora delar av kommunen av vad som i översiktsplanen utpekats som riskområde för salt grundvatten. Det salta grundvattnet är reliktvatten från den tid efter senaste istiden när området var täckt av havsvatten. Detta grundvattnet riskerar att komma i kontakt med dricksvattnet vid borrning av brunnar för enskild vattenförsörjning. Risken att få ett salt grundvatten ökar vid ökat brunnsdjup och vattenuttag. Uppsala kommun har med denna bakgrund och med utgångspunkt från EU:s vattendirektiv samt nationella, regionala, och lokala miljömål, som uppgift att värna om kvalitet och tillgången på Uppsala kommuns grundvatten och att minska risken för påverkan av salt grundvatten i brunnar för dricksvatten.

## Bakgrund

### Områdesbeskrivning

Vreta-Ytternäs är ett bostadsområde beläget ca 1 mil söder om Uppsala stad i Uppsala kommun. Området ligger intill Ekoln, Mälarens nordligaste belägna vik (Figur 1). Markförhållandena utgörs främst av förhållandevis tunna lager ler och silt med stråk av grusig och sandig morän samt områden med berg i dagen. Bergarterna på platsen utgörs av granit och syenitoid (SGU/Lantmäteriet, 2014). Vegetationen i området består främst av gran – och tallskog med inslag av löv i områdets mellersta delar. Även jordbruksmark och hagmarker med ädellövskog gränsar till området. Stora delar av området är kraftigt sluttande ner mot Ekoln vilket i kombination med berg i dagen med stor sannolikhet bidrar till en minskad infiltration av potentiellt grundvatten. Området utgjordes under 1900-talet främst av fritidsbostäder. Under senare delen av 1900 – talet har dock området exploaterats och idag utgörs området av 268 fastigheter varav de flesta är bebodda året runt. En helt ny del av området är tillkommen under 2006, Västra-Vreta. Detta område är dock anslutet till Uppsalas kommunala vattennät och är således inte berört av undersökningen. (Bergström, 2010).



Figur 1. Översiktskarta över Uppsala stad samt Vreta-Ytternäs. ( Lantmäteriets kartdatabas. © Lantmäteriet i2012/901)

## ***Problembeskrivning***

Den del av Vreta-Ytternäs som undersökts i denna rapport ligger utanför det kommunala nätet för vatten/avlopp och dricksvattensituationen är ofta löst på den egna fastigheten. Vreta-Ytternäs ingår i det område i Uppsala kommuns översiktsplan (ÖP) vilket är bedömt som riskområde för salt grundvatten. Detta i kombination med en hög andel (ca 68 %) bergborrade brunnar gör området särskilt intressant p.g.a. dess beroende av en god grundvattenkvalitet för en tryggad dricksvattenförsörjning. Den höga andelen bergborrade brunnar gör att området även lämpar sig väl till en undersökning av grundvattenförhållandena utgående från brunnsvattenanalyser. Bergborrade brunnar är i regel de djupaste dricksvattenbrunnarna och man täcker således av en stor del av marken och berggrundens volym. Andelen fastigheter som får sitt vatten från en bergborrade brunn i området överstiger 68 % då flertalet brunnar försörjer fler än en fastighet (Jonas Gierup, 2014).

En enkät rörande områdets dricksvattensituation, utfördes i juni 2013 (Sidenqvist, opubl. 2013) gällande områdets dricksvattenförsörjning. Svarsfrekvensen var 57 %. Av de 149 hushåll som svarade angav 94 hushåll att det skett en provtagning av dricksvattnet sedan år 2000. Ingen i enkäten har angett att de fått anmärkning på kloridhalten.

## ***Syfte***

Med utgångspunkt från den tidigare genomförda enkätundersökningen i Vreta-Ytternäs och Uppsala kommuns bedömning om att området befinner sig i riskzonen för salt grundvatten samt intresset att bo permanent i området vilket kräver en god dricksvattenförsörjning, görs denna undersökning. Syftet är att upptäcka eventuell påverkan av saltvatten i dricksvattnet i Vreta-Ytternäs. Utifrån de data som samlas in kartlägga eventuella delar av Vreta-Ytternäs där förhöjd risk för saltvattenkontamination av dricksvattnet förekommer. Därefter beskriva eventuella likheter mellan brunnar/områden med saltvattensproblem och om möjligt bedöma källan eller källorna till saltvattensproblemet.

## Förstudie

### *Lagar och regler kring vattenkvalitet*

Det övergripande målet för Sveriges miljöarbete är generationsmålet. Detta innebär att ”till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser” (Miljömål, 2012). Detta mål är tänkt att ligga till grund för samhällets resterande miljöarbete och vilka därefter de 16 miljömålen är baserade på. Miljömålen används som målbilder för tillståndet i miljön. För dessa mål ansvarar åtta myndigheter samt landets länsstyrelser och kommuner för uppföljning och utvärdering. Även ytterligare hjälpmedel för arbetet med miljömålen finns i de s.k. etappmålen. Dessa är 24 till antalet, och fungerar som delmål i arbetet och finns beskrivna inom miljöområdena begränsad klimatpåverkan, avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen och luftföroreningar. Det miljömål som direkt berör arbetet med dricksvatten är främst ”Grundvatten av god kvalitet”. Målet syftar till att grundvatten som naturresurs inte får göras obrukbar genom mänsklig aktivitet. Inom miljömålet grundvatten finns sex preciseringar vilka tydliggör målets innebörd (Naturvårdsverket, 2013).

Delar av Sverige miljöproblem är gränsöverskridande. Ett exempel på detta är vattnets egenskaper och föroreningar. Vatten flödar fritt mellan mark, luft och atmosfär och stannar inte inom ett lands gränser. Detta gör att miljömålen om vatten är sådana som kräver internationell samordning. Efter Sveriges medlemskap i Europeiska unionen (EU) 1995, har därför även EU:s lagstiftning behövt implementeras i den svenska vilket underlättat för Sveriges arbete med gränsöverskridande miljöarbete.

EU:s regelverk som berör vatten är vattendirektivet, även kallat ramdirektivet för vatten. Vattendirektivet trädde i kraft år 2000 och har som mål att vara ett ramverk för skyddet av EU:s vattendrag, grundvatten och ytvatten. Syftet är att EU:s vattenresurser skall uppnå god kemisk och ekologisk status, vilket är den näst högsta graderingen på en femgradig skala. Med detta menas att vattnet inte skall utgöra någon fara för människor, djur och växter (Havs – och Vattenmyndigheten, 2014).

I miljöbalken regleras vattenfrågor i sjunde kapitlet, och då gällande vattenskyddsområden, men även i tredje kapitlet där hushållning med mark – och vattenresurser regleras samt i andra kapitlet, där de allmänna hänsynsreglerna ställer krav på försiktighet så att inte vattenresurser kommer till skada. Även i förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd behandlas frågor om dricksvatten. I 33 §, 6 punkten framgår att en bostad skall ha tillgång till vatten i tillräcklig mängd och kvalitet för att upprätthålla en god hygien, för matlagning och direkt konsumtion.

## Vattnets kretslopp

Vatten är en förutsättning för allt känt liv på jorden. Vattnets goda egenskaper som transport – och lösningsmedel gör att det involveras i en mängd kemiska, biologiska och meteorologiska förlopp. Kunskaper om dess naturliga kretslopp (Figur 2) är därför nödvändig för att bl.a. säkerställa kvalitativt dricksvatten, men även för andra värdefulla ekosystemtjänster som fiske, rekreation och friluftsliv. Grund – och ytvatten är starkt sammankopplade i den hydrologiska cykeln. Bildandet av grundvatten sker genom infiltration från nederbörd eller ytvatten genom markytan. Vattnet befinner sig då i markvattenzonen. Från markvattenzonen kan vattnet tas upp av växter eller transporteras ner i mark eller berggrund genom perkolation till grundvattenzonen och därefter ut till ytvatten. Genom avdunstning från ytvatten, mark och växter, eller genom växternas transpiration övergår vattnet till atmosfären som vattenånga. Detta vatten faller så småningom som nederbörd till jordens yta. Kretsloppet är då slutet. Ekvationen för vattenbalansen kan därför formuleras:

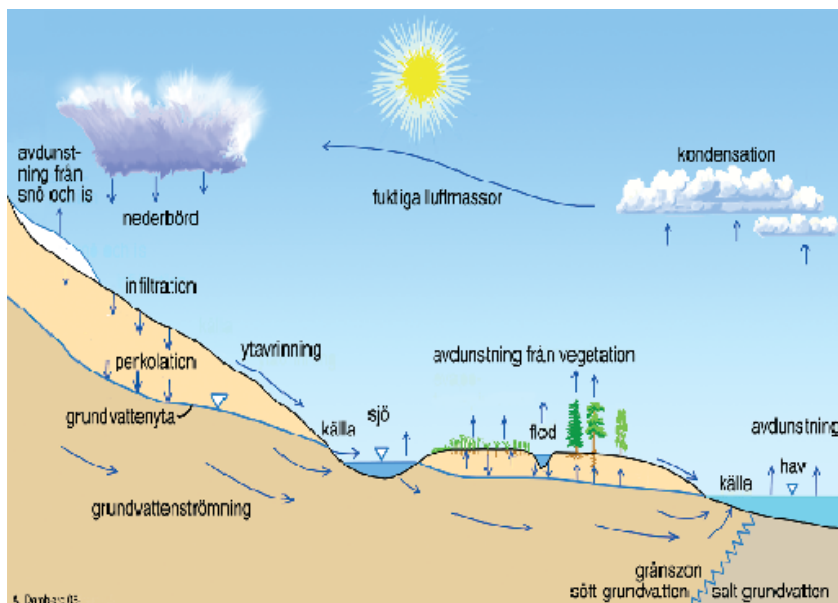
$$P = E + R + \Delta S$$

$P$  = nederbörd, uppmätt i mm/dygn. En mm motsvarar en liter/m<sup>2</sup>.

$R$  = avrinning, uttrycks ofta som specifik avrinning, d.v.s. avrinning per ytenhet, l/s x km<sup>2</sup> eller mm/år.

$E$  = totala avdunstningen (evapotranspirationen), är relativt svår att mäta från vegetationsytor beroende på varierande växtlighet och växters olika transpiration. Betydligt lättare att mäta från kontinuerliga ytor som vatten, is och snö. Ofta görs översiktliga beräkningar av medelavdunstning för stora ytor av landet. Anges normalt som mm/år.

$\Delta S$  = magasinsförändringen, ökning eller minskning i grund- eller ytvattenmagasin (Grip & Rhode, 1994).

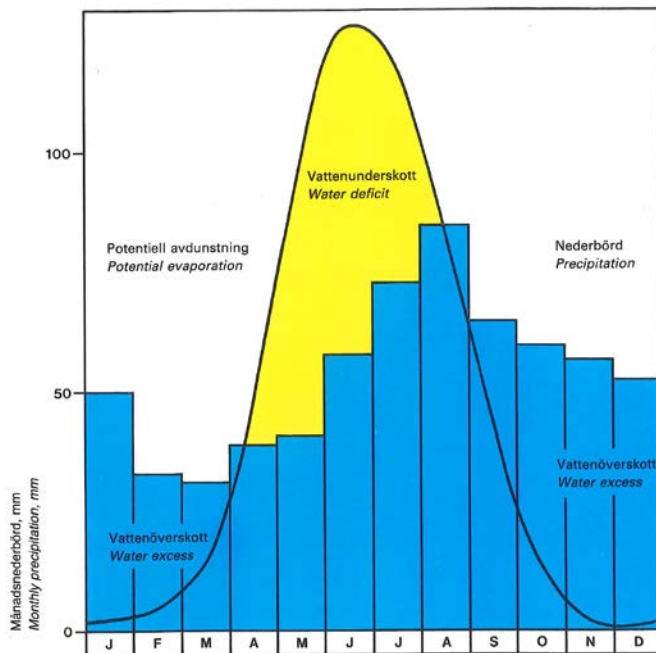


Figur 2. Vattnets kretslopp (Illustration av Anders Damberg i: Källor i Sverige (2006))

## ***Grundvatten***

Förutsättningar för grundvattenbildningen är många (Figur 3). Den främsta är att nederbörden skall vara större än avdunstningen för att bilda ett överskott av vatten inom ett område. Detta vatten kan därefter antingen bidra till en ökad avrinning från platsen, tas upp av växter eller bidra till ett ökat vattenmagasin – grundvatten. Utöver detta är markens infiltrationskapacitet, hydraulisk konduktivitet (förmågan att leda vatten) undermåttade förhållande och platsens topografi variabler som inverkar på infiltrationen. Grovkorniga jordar har i regel hög porositet (porvolymens andel av totala jordvolymen) och därmed är även infiltrationskapaciteten och hydraulisk konduktivitet hög i dessa jordar. Dock sker även en infiltration i finkornigare jordar som silt och ler. Här binds vattnet hårt till jorden med kapillära krafter och används främst för växternas upptag av vatten. Tillgången på kvalitativt bra grundvatten blir därav mindre i dessa jordarter då tillrinningen är långsam. (Knutsson & Morfeldt, 1995). När det gäller berggrunden kan det solida kristallina berget betraktas som vattentätt. Här är det istället sprickor och krosszoner som fungerar som transport och magasin för grundvatten. Den genomsnittliga porositeten i svenskt urberg uppgår dock endast till ca 0,1 % vilket gör det till en litet magasin för grundvatten (Olofsson & Fleetwood, 2000). Möjligheterna till grundvattentransport kan dock vara gynnsamma p.g.a. ihållande sprickor i ex. graniter och gnejser och kan fungera som goda transportvägar för grundvatten. Även sedimentära bergarter kan hålla vatten. Här är porositeten, vilken avgörs av sedimenteringsgraden, den avgörande faktorn för hur mycket vatten som kan hållas, dvs. hur hårt berget är packat. Speciellt sandsten, har högre porositet och därmed större vattenmagasinerande förmåga än de kristallina bergarterna.

Kvalitén på grundvatten skiljer sig oftast beroende på typ av jordlager och berggrund. Grundvatten djupare ner i berggrunden har allmänt bättre kvalitet än ytligare liggande grundvatten. Orsaken till detta är att vatten längre ner i berggrunden har silats en längre väg ner genom jordlagren och är till skillnad från ytvatten och ytligare liggande grundvatten i mindre grad utsatt för kontamination av föroreningar ovan jord. Den långa uppehållstiden under marken ökar dock risken för kontamination av andra föroreningar, djupare ner i marken. Det gäller främst föroreningar från bergartens mineralogi och andra kemiska substanser. (Knutsson & Morfeldt, 1995).



Figur 3. Potentiell vattenbalans för Uppsala för klimatperioden 1931-1960 (Söderholm m.fl., 1983). Y-axeln visar de genomsnittliga värden på månadsnederbörden (de blå staplarna) och den potentiella avdunstningen (kurvan). I området då den potentiella avdunstningen är större än nederbörden råder ett vattenunderskott vilket beskrivs av det gula området.

### Klorid i dricksvatten

Det salt som avses i tal om relik saltvatten är NaCl (Natriumklorid). Natriumklorid är mycket lösligt i vatten vilket resulterar i att  $\text{Cl}^-$  och  $\text{Na}^+$  snabbt löser sig och kan finnas i höga halter. Natriumklorid förekommer rikligt i naturen och är den främsta källan till klorid, medan natrium i bl.a. grundvatten kan ha andra ursprung än just natriumklorid. Natriumjonen ökar även i dricksvattnet vid användning av jonbytaranläggning för hårt dricksvatten. Detta gör att kloridjonen är det kemiska ämne man analyserar för att påvisa förekomst av salt grundvatten. Kloridjonens höga löslighet och det faktum den inte adsorberar i någon större grad till markpartiklar, gör att den färdas lätt i hela vattnets kretslopp. Höga halter av klorid i dricksvattnet gör det olämpligt på grund av smakförändringar och ökad korrosion på vattenledningar. Livsmedelsverket är den myndighet som ansvarar för information om dricksvattenkvalitet. Livsmedelsverket dricksvattenföreskrifter omfattar vattentäktar vilka försörjer färre än 50 personer eller har ett uttag på mindre än  $10 \text{ m}^3$  dygn. Här framgår att kloridhalter över  $50 \text{ mg/l}$  anses som dricksvatten påverkat av saltvatten i någon mening. Kloridhalter över  $100 \text{ mg/liter}$  ökar risken för korrosion på ledningar och vid halter kring  $300 \text{ mg/liter}$  kan smakförändringar börja uppträda (tabell 1).

Tabell 1. Riktvärden för klorid i grundvatten (SGU, 2013)

Klass	Benämning	Kloridhalt [mg/l]
	Låg halt	< 20
	Måttlig halt	20 - 50
	Relativt hög halt	51 -100
	Hög halt	101 - 300
	Mycket hög halt	> 300

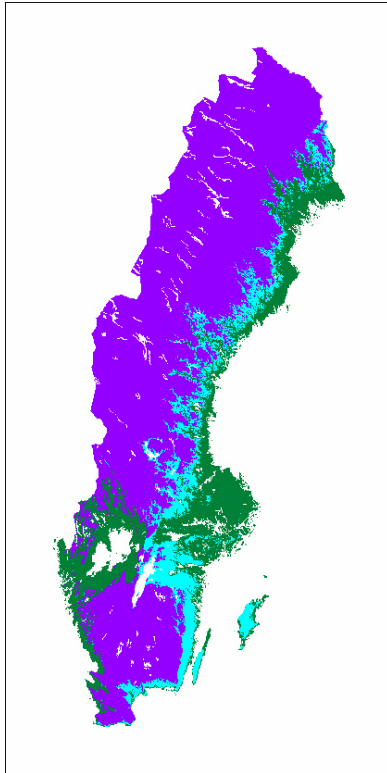
### ***Orsaker till höga kloridhalter i egen brunn***

Anledningar till förhöjda kloridhalter i grundvattnet kan vara många. Den vanligaste orsaken är att salt eller bräckt havsvatten tränger in i det grundvattenmagasin man tar sitt dricksvatten ifrån. Detta är ett problem särskilt sommartid då uttaget ofta är större än grundvattenbildningen och det salta vattnet kan då tränga in i grundvattenmagasinet. Denna orsak till salt grundvatten kan man dock bortse från i Vreta-Ytternäs, då Mälaren som är närmast belägna större ytvattensamling är en sötvattensjö. Deponier, avlopp och djurhållning kan även de vara källor till förhöjda halter av klorid i dricksvattnet. Hos fastighetsägare med egen brunn kan en avloppsinfiltrationsanläggning belägen nära brunnen vara orsak till saltvattenpåverkat brunnsvatten.

Vägsalt är även det en källa till klorid i grundvatten och vanligen används här kalciumklorid eller natriumklorid. I delar av Sverige saltas vägarna vid vinterväglag eller sommartid på grusvägar för att undvika damm. Vid avsmältning och nederbörd ökar koncentrationerna av klorid i grundvattnet vilket kan leda kontamination av brunnsvatten (Löfgren, 1999).

Underjordiska saltvattenfickor s.k. relik saltvatten är en annan orsak till salt grundvatten. Relikt saltvatten härstammar från den senaste inlandsisens avsmältning. Efter isens avsmältning låg stora delar av Sverige i olika stadier under vatten (Figur 4). Baltiska issjön, vilken är den benämningen på den första tidens avsmältning, var ett innanhav med sötvatten. Detta stadie dränerades därefter till de bräckvattenförhållanden som idag råder i Östersjön. I två av dessa stadier, bl.a. det sista, var det havsvatten som täckte vissa delar av Sverige. När landet därefter sedan har höjt sig har detta saltvatten delvis fastnat och kapslats in i berg och jord. Områden ovanför högsta kustlinjen, vilka aldrig täckts av havsvatten, berörs därför inte av risken för salt grundvatten. I de områden där saltvattenfickor förekommer har de delvis fyllts på med sött grundvatten vilket gett upphov till en inhomogen struktur av det salta grundvattnets utbredning. Fickor med salt grundvatten kan ha en varierande salthalt mellan ca 3000 - 50000 mg/l. Detta gör det svårbestämt att förutse saltvattenpåverkat grundvatten vid borrhning av brunnar (SGU, 2006).





Figur 4. Karta vilken visar på vilka delar av Sverige vilka varit täckt med salt – eller sötvatten.

**Grönt område:** Har varit täckt av saltvatten

**Turkost område:** Har varit täckt av sötvatten men inte av saltvatten

**Lila område:** Område ovanför högsta kustlinjen vilken aldrig täckts av hav från senaste inlandsisen. (Risberg & Pihlblad-Lewin, 2006)

### **Att undvika klorid i egen brunn**

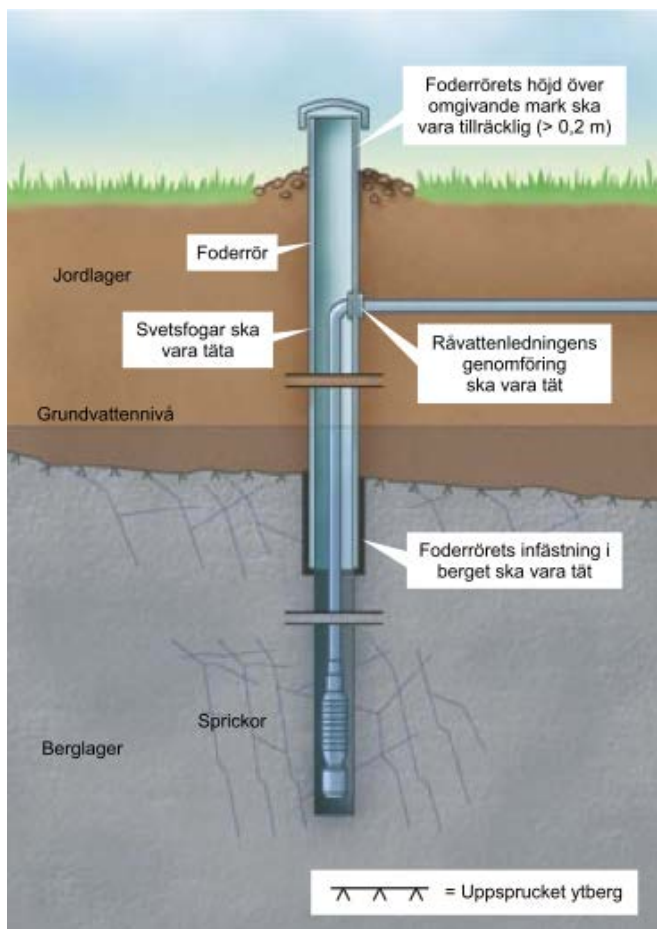
Vid normal vattenförbrukning behövs en tillströmning av vatten på ca 20 – 40 l/timme i ett hushåll för 4 personer. Brunnen bör även utöver det ha en buffert vid tillfällen då uttaget kan öka. I brunnar där saltvatten förekommer bildas ofta en haloklin – ett gränsskikt mellan salt och sött vatten. Det salta vattnet har en högre densitet än det söta och lägger sig då djupare ner. Att lägga pumpen på en högre nivå än brunnens botten kan vara ett sätt att undvika saltvatten. Att installera en hydrofor eller hydropress för förvaring av vatten kan vara ett sätt att utöka sin buffertkapacitet och utjämna tryckskillnader för ett mjukare upptag, vilket gör att risken för omblandning mellan salt och sött vatten minskar. På sommaren är i regel grundvattenmagasinen som lägst vilket i kombination med ett ökat uttag i ex. fritidshusområden kan göra att salt vatten strömmar till i brunnen. Om man är flera fastigheter som delar på en brunn är det även viktigt att gemensamt hushålla med vattenresurserna. I områden med förhöjd risk för salt grundvatten rekommenderas det inte djupare borrhning än 40 – 50 meter. För att öka chanserna att träffa på vattenförande lager på grundare områden kan borrhvinkeln ökas till 20 – 25 grader, vilket gör att fler vattenförande sprickor kan täckas av på mindre djup. Om tillräckligt med vatten funnits efter 40 – 50 meter rekommenderas därför att sluta borra och högtryckspola borrhålet för att öka åtkomsten av vatten. Detta pga. att risken för att stöta på salt grundvatten ökar generellt vid ökat borrhjup och vattenuttag. Viktigt är

även att övervaka vattenkvaliteten under borrhningen. Att undersöka närliggande brunnars utformning och vattenkvalitet kan även det vara till hjälp för tips och råd om placering (Livsmedelsverket, 2014b).

## ***Brunnstyper***

De finns ett antal olika typer av brunnar för fastighetsägare med egen vattenförsörjning. I denna undersökning har endast bergborrade brunnar (Figur 5) undersökts vilket är den i Sverige vanligaste brunntypen. En bergborrade brunn iordningställs i regel av professionella brunnsbore och är då en förhållandevis säker källa till kvalitativt bra vatten. En bergborrade brunn kan nå djup ner till ca 150 m. Det gör att en stor sträcka av marken och berget kan täckas av för att finna vattenförande lager, men det gör även att risken för att stöta på föroreningar ökar.

Fördelarna med en borrade brunn är bl.a. att den i högre grad är skyddad mot yttre påverkan än en brunn i ytligare jordlager, ex. en grävd brunn. Risken för att bergbore brunnar sinar är även den mindre än för andra ytligare brunnar, då tillströmningen av vatten ofta är större än i t.ex. en grävd brunn. En bergbore brunn har vanligen tillströmning av vatten på ca 100 – 1000 l/h (Livsmedelsverket, 2014a).



Figur 5. Utformning av bergbore dricksvattenbrunn (Livsmedelsverket, 2014b).

## **Metod**

### ***Insamling av vattenprover.***

Under den inledande delen av arbetet skickades ett brev med information om det kommande arbetet samt en förfrågan om provtagning ut till de boende i Vreta-Ytternäs (Bilaga 1). 62 fastigheter gav godkännande för provtagning av deras dricksvatten vilket gav vattenprover från totalt 56 brunnar. Det totala antalet brunnar understiger antalet fastigheter p.g.a. att vissa fastigheter delar på en brunn.

Insamling av proverna skedde under tre dagar i slutet av april och början av maj. Vattenproverna togs på råvattnet, d.v.s. det vatten som direkt kommer från brunnen utan eventuell reningsapparat. Antingen via vattenutkast utanpå huset eller i kran inomhus. Vattenproverna förvarades därefter i kylrum till analystillfälle ca en vecka efter provtagning.

### ***Analys av vattenprover***

Analys av vattenprovernas kloridhalt skedde med hjälp av ett kloridanalyskit från HACH Company (Bilaga 2). En kloridmätning gjordes även på en spädningsserie med känd kloridhalt för att säkerställa testets noggrannhet. Dessa bedömdes ge tillförlitliga resultat. Mätning av den elektriska ledningsförmågan utfördes även på de vattenprover med en kloridhalt som översteg 50 mg/l. Dessa mätningar av den elektriska ledningsförmågan gjordes med ett instrument av märket Radiometer CDM83. Då vattnets kloridhalt höjer den elektriska konduktiviteten utfördes detta test. Även vattnets pH mättes, detta med hjälp av en pH-meter av märket Radiometer PHM93 (kombinationselektrod GK2401C).

### ***Brunnsinventering***

Information om fastighetsägarnas brunnar är erhållen genom muntlig och skriftlig kontakt med fastighetsägare samt SGU:s brunnregister. Information om brunnsdjup, geografisk position, kapacitet och brunnens ålder har varit av intresse för att utvärdering av eventuellt samband mellan brunnar och dess kvalitet på vatten.

### ***Respons***

Fastighetsägarna kommer att erhålla respons i form av den skrivna rapporten samt uppgifter om kloridhalt och pH i vatten från deras specifika brunn.

## Resultat

### *Svarsfrekvens*

Svarsfrekvensen för området beräknas genom uppgiften att det totala antalet bergborrade brunnar i området är 183 stycken. Det är den noggrannaste uppgiften erhållen från SGU:s brunnregister. Provtagning av råvattnet gjordes från 56 brunnar, d.v.s. lite drygt 30 % av brunnarna inom området och anses av miljökontoret tillräcklig för att erhålla den generella bild av området som önskats. Den geografiska fördelningen av de provtagna brunnarna över området är dock god (se avsnittet om geografisk fördelning av kloridhalten nedan). Dock saknas kompletta uppgifter på 17 brunnar (Bilaga 3). Totalt påvisar 29 % av de provtagna brunnarna en kloridhalt över 50 mg/l. (Tabell 2).

*Tabell 2. Totalt antal provtagna brunnar, antal brunnar i de olika intervallen av kloridhalt, medelkloridhalt samt andel av brunnarna med en kloridhalt över respektive under 50 mg/l.*

Klass	Benämning	Kloridhalt [mg/l]	Antal	Medelkloridhalt [mg/l]	%-andel
	Låg halt	< 20	2	32	71
	Måttlig halt	20 - 50	38		
	Relativt hög halt	51 -100	11	107,5	29
	Hög halt	101 - 300	4		
	Mycket hög halt	> 300	1		
	Totalt		56	54	

### *Mätningar av pH*

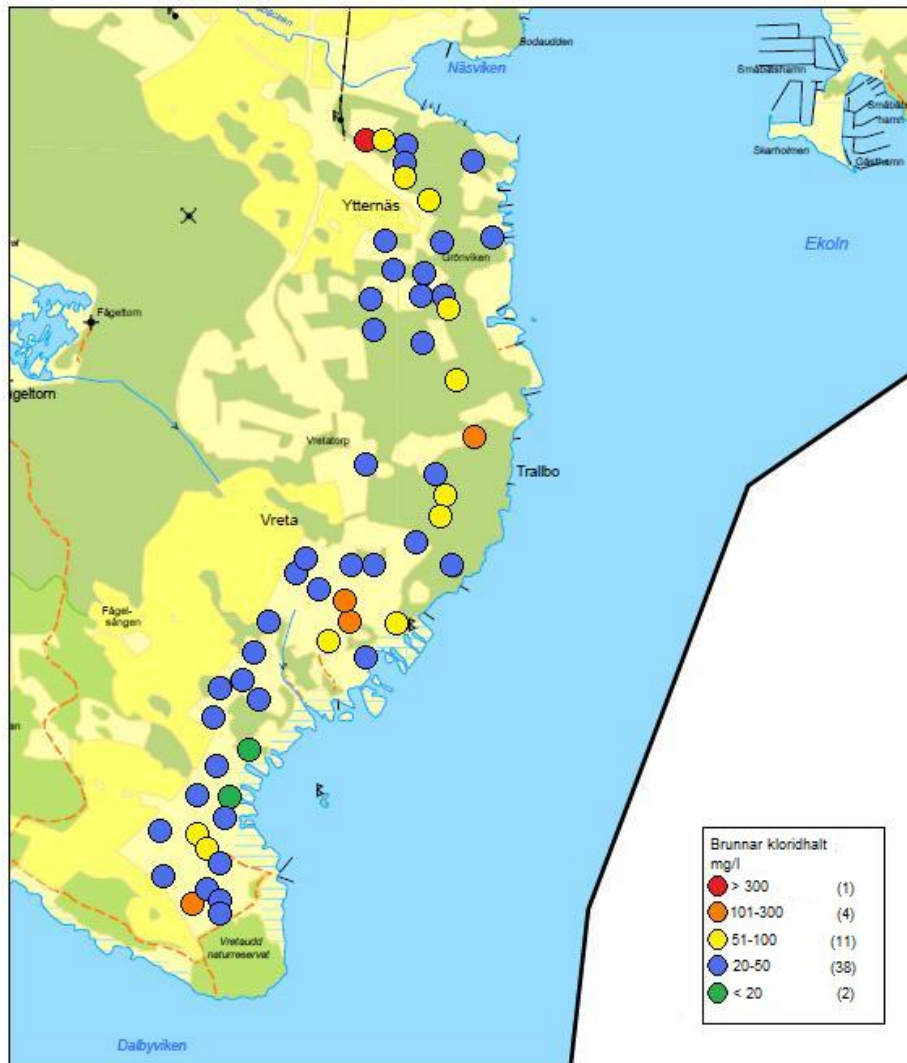
De pH-mätningar som gjordes visade på ett mycket enhetligt resultat med enbart 4 brunnar vilka avvek från intervallet 7 – 8. Detta tyder på att vattnet kommer från en berggrund eller lösa jordlager vilka kan buffra det naturligt sura regnet.

### *Fördelning av kloridhalt*

Av de 56 vattenprover som analyserats har 29 % en förhöjd kloridhalt (> 50 mg/l). Medelvärdet av kloridhalten i de 56 brunnarna är 54 mg/l (95 % - konfidensintervall +/- 18 mg/l). De data som jämförs i korrelation till kloridhalten är brunnens geografiska läge, brunnens ålder, dess djup och potentiella vattenkapacitet.

### *Geografisk fördelning av kloridhalten*

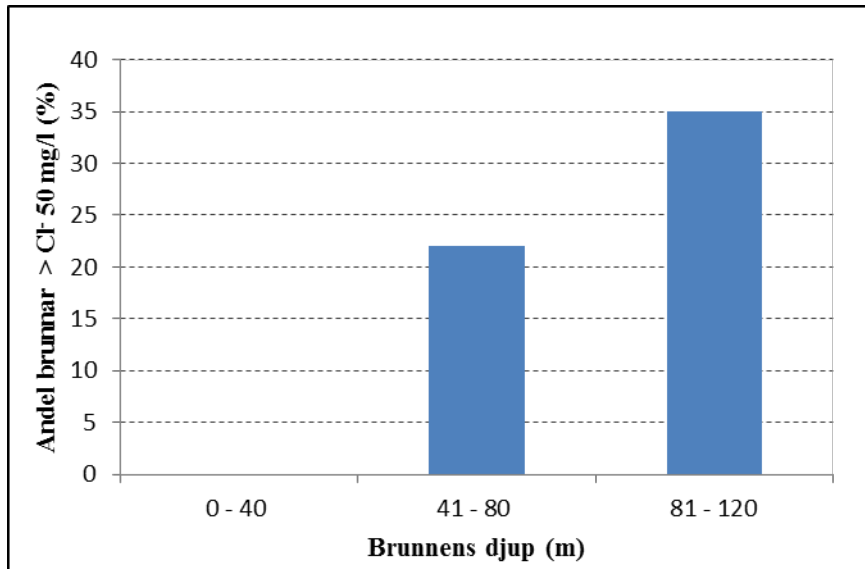
Den geografiska spridningen av brunnarna (Figur 6) med olika kloridhalt är jämt fördelad över området. Ingen tydlig spridningsbild kan uppvisas utöver en möjligtvis något högre Cl-halter för vissa brunnar som låg närmast strandlinjen. Denna bedömning är enbart gjort efter författarens visuella betraktelse och någon geografisk korrelation har således inte gjorts.



Figur 6. Geografiska lägen av de provtagna brunnarna samt dess kloridhalt.

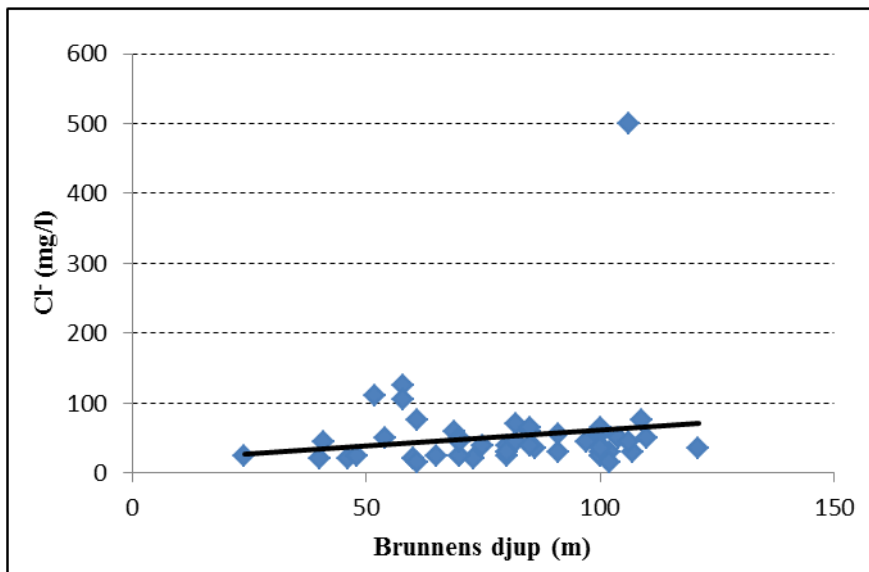
### ***Brunnens djup***

Ingen av brunnarna, med brunnsdjup i intervallet 0-40 m, hade en kloridhalt som översteg gränsvärdet 50 mg/l (Figur 7). Av de undersökta brunnarna har endast 2 stycken ett djup mellan 0 – 40 m vilket således ger ett mycket litet underlag. Hos de djupare brunnarna i intervallet 41-80 m och 81-120 m är dock andelen brunnar med hög (>50 mg/l) kloridhalt stor. Där har 20 % respektive 35 % av vattnet i brunnarna en kloridhalt över 50 mg/l.



Figur 7. Procentandel av brunnarna i intervallen 0 – 40 m, 41 – 80 m och 81 – 120 m, som överstigen en kloridhalt på 50 mg/l.

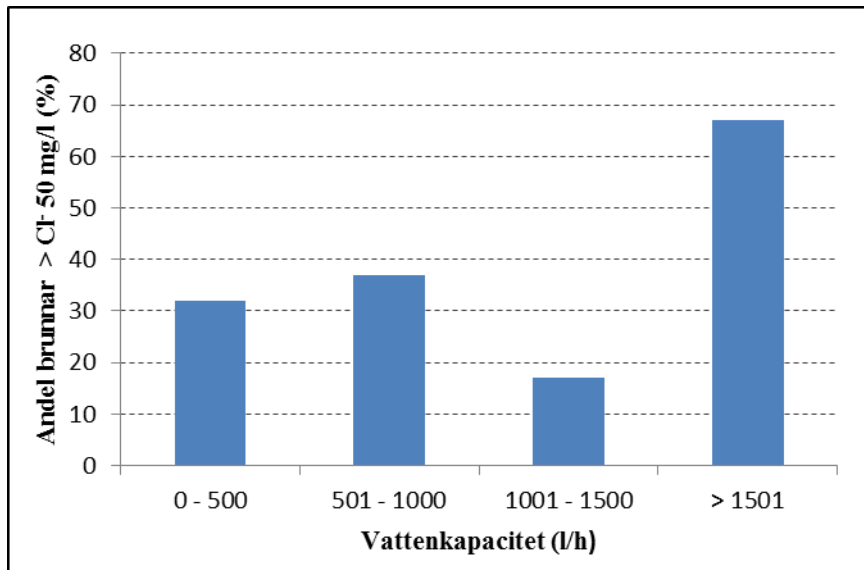
Sambandet mellan brunnsdjup och kloridhalt är svagt positivt, d.v.s. vid ett större brunnsdjup erhålls i regel något högre kloridhalter. Detta samband är dock inte statistiskt signifikant (Figur 8). En mätning sticker kraftigt ut med ett värde på 500 mg/l. Även om detta höga värde plockas bort förändras inte sambandet nämnvärt.



Figur 8. Sambandet mellan brunns djup och uppmätt kloridhalt.  $r$ -värde: 0,035 (utan extremvärde: 0,032).

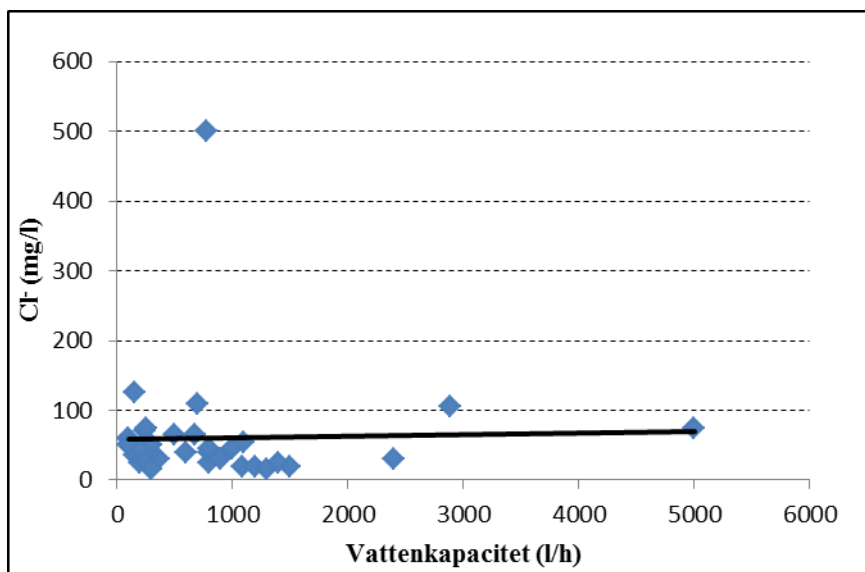
## Kapacitet

För de brunnar, som har en vattenkapacitet mellan 0-1500 l/h, är andelen brunnar med kloridhalter över 50 mg/l mindre än 40 % (Figur 9). I de brunnar som har en högre vattenkapacitet är andelen med förhöjd kloridhalt betydligt större. I denna klass, brunnar med vattenkapacitet >1500 l/h, är dock dataunderlaget svagt; bara 3 brunnar.



Figur 9. Procentandel av brunnarna med en vattenkapacitet i intervallen 0 – 500 l/h, 501 – 1000 l/h, 1001 – 1500 l/h och > 1501 l/h, som överstiger en kloridhalt på 50 mg/l.

Sambandet mellan brunnens vattenkapacitet och kloridhalten i brunnsvattnet är mycket svagt positivt (Figur 10). Om extrempunkten på 500 mg/l tas bort stärks sambandet något, men blir inte statistiskt signifikant.

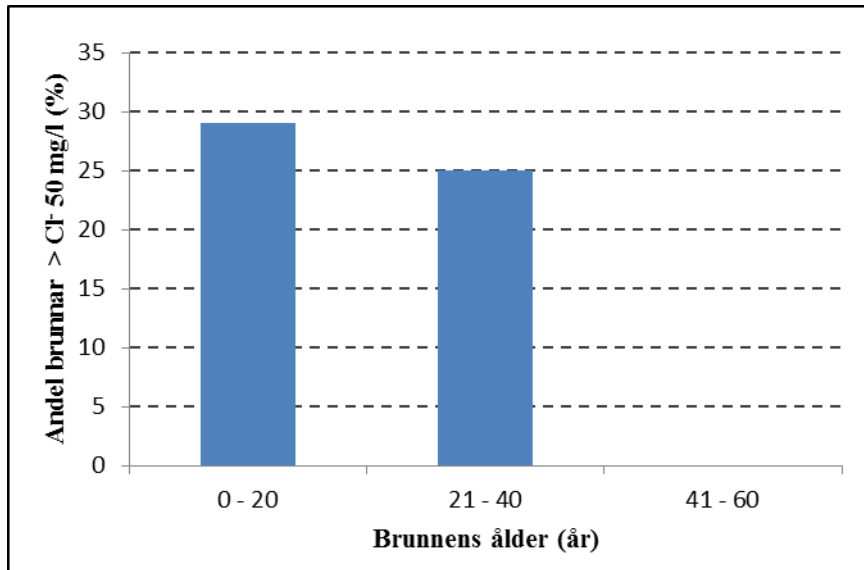


Figur 10. Sambandet mellan brunnens vattenkapacitet och uppmätt kloridhalt.  $r$ -värde: 0,028 (utan extrempärde: 0,107).

### **Brunnens ålder**

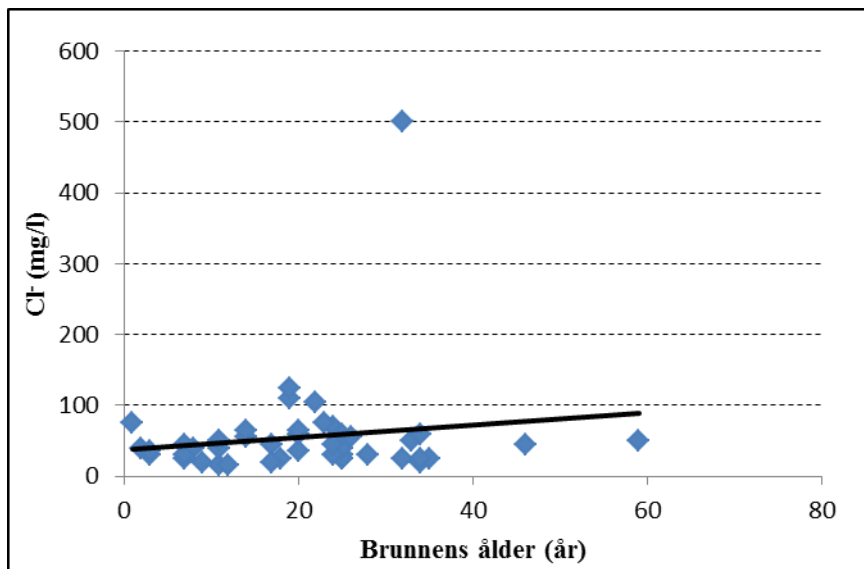
Även här är underlaget delvis lågt, detta gällande brunnar med en ålder mellan 41 – 60 år vilket det endast finns två utav. Ingen av dessa har dock en kloridhalt över 50 mg/l. Någon

större differens mellan resterande brunnar, de mellan 0 – 20 år och 21 – 40 år kan inte kan påvisas (Figur 11).



Figur 11. Procentandel av brunnarna med åldersintervallen 0 – 20 år, 21 – 40 år och 41 – 60 år, som överstiger en kloridhalt på 50 mg/l.

Sambandet mellan brunnens ålder och kloridhalt är, liksom för de övriga jämförelserna, svagt positivt. Sambandet är inte statistiskt signifikant och detta förändras inte om extremvärdet tas bort (Figur 12).



Figur 12. Trendlinje mellan brunnens ålder och uppmätt kloridhalt.  $r$ -värde: 0,143 (utan extremvärde: 0,014).



## Diskussion

### *Fördelning av kloridhalt*

Man anser att vid kloridhalter över 50 mg/l är grundvattnet troligen påverkat från en yttre källa. Medelkloridvärdet för de undersökta brunnarna är (54 mg/l (95 % konfidensintervall:  $\pm 18$  mg/l)) vilket kan anses som en relativt hög halt. Det råvattnet i Uppsalaåsen och Vattholmaåsen som distribueras till Uppsala vattentät har ett medelkloridvärde på 30 mg/l, vilket kan vara en god referens för kommunens grundvatten. Detta förhållandevis låga kloridvärde på grundvattnet förstärker även det teorin om att medelvärdet på kloridhalten i Vreta-Ytternäs, 54 mg/l, kan betraktas som något förhöjt.

Extremvärdet på 500 mg/l påverkar självklart kraftigt resultatet. Även om denna mätning tas bort från resultatet är medelvärdet för kloridhalten 45 mg/l vilket även det får anses som högt. Det höga medelvärdet förstärker därmed uppgifterna att området befinner sig i riskzon för salt grundvatten. Resultatet av provtagningen pekar annars på att en kloridhalt mellan 0 – 50 mg/l är de dominerande värdena. 71 % av de provtagna brunnarna har kloridvärden i detta intervall.

### *Fördelning av pH*

Ett allt för surt dricksvatten, vid pH-värden under 4,5–5,0 ökar riskerna för höga halter av metaller i marken. Bl.a. kan höga halter av Al bli ett verkligt hälsoproblem. Detta problem tycks således inte finnas i grundvattnet inom det studerade området. För att dricksvattnet inte skall få anmärkning på pH skall pH ligga över 6.5.

### *Geografisk fördelning av kloridhalten*

Den geografiska fördelningen av kloridhalt uppvisar inte något iögonfallande mönster. De visar dock på att provtagningspunkterna hållit en god spridning över området. Trots ett förhållandevis lågt antal brunnar gör en god geografisk spridning att stora delar av områdets grundvatten täcks av, vilket i sig ökar chanserna till en tillförlitlig bild av grundvattensituationen.

### *Brunnens djup*

Det generella sambandet att djupare brunnar löper större risk att drabbas av salt grundvatten är positivt men för svagt för att påvisa en statistisk signifikans. Hypotesen är att en djupare borrhälsbrunn ökar sannolikheten att komma i kontakt med fler eller större vattenförande lager, vilket ökar chanserna till ett högre vattenkapacitet. Samtidigt ökar här även risken för att komma i kontakt med källor vilka kan påverka vattnet, vilket påvisas av ex. Holmstedt

(2008). Rekommendationer från Livsmedelsverket säger att vid brunnborrning i områden med risk för relik saltvatten bör man inte borra djupare än 40-50 m. Brunnsdjupen i området tyder dock på att vattenförande lager nås först vid ca 70 meter, då områdets medeldjup på brunnar är 73 meter. En kombination av generellt djupare liggande vattenförande lager i området i kombination med riktlinjer att borra grunt i områden med risk för salt grundvatten ställer krav på kompetens hos brunnborraren.

Några av brunnägarna angav att pumpen i deras brunn var placerad på något avstånd ovanför brunnens botten för att på sätt undvika salt vatten, vilket var ett initiativ från brunnborraren i fråga. Man kan då anta att brunnborraren varit medveten om risken för påverkan av saltvatten i området, eller rentav upptäckt den och då medvetet satt pumpen högre upp. P.g.a. salt – och sötvattnets olika densitet lägger sig saltvattnet under sötvattnet. Man kan då motverka insug av saltvatten genom att placera intagspumpen ovanför saltvattnet. Ett för litet underlag gjorde att utredning av placeringen av intagspumpens läge inte kunde tas med i undersökningen.

### ***Brunnens ålder***

Ett svagt positivt samband men utan påvisad statistisk signifikans, tycks även finnas mellan förhöjd kloridhalt och ökad ålder på brunnen. Äldre brunnar har under längre tid utsatts för vittring och korrosion vilket lett till ökat slitage. Vid foderrör som består av cement kan det uppstå sprickor i röret p.g.a. vittring. Även brunnarnas tätning försämras efter flera års användning, samt felaktig placering av foderrörets höjd ovanför marken kan även det resultera i föroreningar. Nyare brunnar tenderar dock att borrar djupare än gamla – ca 70 -80 meter, vilket i sin tur ökar risken för att stöta på salt grundvatten. Detta kan möjligen jämna ut de eventuella skillnaderna mellan äldre och nyare brunnars föroreningsproblem. Att inget samband mellan brunnålder och kloridhalt kunde påvisas, kan bero på ett för litet underlag.

### ***Vattenkapacitet***

En brunnns vattenkapacitet speglar dess totala kontakt med vattenförande lager. En stor kontakt med vattenförande lager, eller akviferer med kraftig tillströmning kan i sin tur öka risken för tillströmning av salt grundvatten. Något egentligt samband mellan ökad kloridhalt och brunnar med hög vattenkapacitet verkar dock inte förekomma i denna undersökning. En annan väsentlig faktor som avgör tillströmningen är självklart uttaget ur brunnen. P.g.a. för litet underlag kunde inte uttaget mellan brunnarna jämföras. Sannolikt är dock att en brunn som inte används i särskilt hög grad har en låg tillströmning vilket minskar dess risk för föroreningar.

### *Övriga orsaker*

Utöver relik saltvatten finns ett par andra möjliga källor till förhöjda halter av klorid i grundvattnet. En av dessa är vägsaltning vilken förekommer sommartid i liten omfattning i Vreta-Ytternäs, detta för att undvika dammbildning. I en rapport från SLU (Löfgren, 1999), påvisas att saltning av vägar vintertid (6 månader) kan ge påverkan på mark – och vattenkemin upp till 50 meter in i skogen från vägen. Saltningen i Vreta-Ytternäs sker ”sparsamt” sommartid på grusvägar (Leijon, personlig kommunikation). Ingen geografisk korrelation finns mellan områdets grusvägar eller brunnar med förhöjda kloridhalter. Sannolikheterna att vägsaltet skulle utgöra en kloridkälla för områdets grundvatten anses därför mycket låg.

Delar av områdets fastighetsägare har även brunnar för bergvärme. Dessa brunnar är vanligen mellan 100 – 200 meter djupa och når således med marginal ner till relik grundvatten. Om borrning av brunnar för bergvärme sker i anslutning till brunnar för dricksvatten finns risk för att dessa skadas. Detta p.g.a. av sprickbildning ökad påfrestning på intilliggande akviferer, vilket kan öka tillflödet och på så vis risken för föroreningar. Få fall finns dokumenterade där borrning av brunn för bergvärme förstör dricksvattenkvaliten, men risken finns dock.

På grund av områdets avsaknad av kommunal VA-anslutning är enskilda lösningar för avlopp vanliga i området. De lösningar som är mest frekvent förekommande i området är markbaserade avloppslösningar såsom infiltrationsanläggningar och eller markbäddar.

## Slutsats

Den höga genomsnittliga kloridhalten i vattnet, 54 mg/l - förstärker de uppgifter om att området är troligt riskområde för salt grundvatten. Den geografiskt utspridda fördelningen av halten klorid förstärker även den teorin om att källan till de förhöjda kloridhalterna är just relik saltvatten. Man kan dock inte utesluta att enskilda förhöjda halter har någon annan ursprungskälla. De genomsnittligt höga halterna av klorid i området kan vara värdefullt att känna till både för boende i området, kommande boende och brunnborrare. Några tydliga samband mellan kloridhalt respektive brunn djup, brunnens ålder och vattenkapacitet tycks dock inte finnas. I denna undersökning finns således bara en svag tendens till ett samband mellan brunn djup och kloridhalt. Undersökningar från andra liknande områden visar dock att en djupare brunn ökar risken för salt grundvatten. Detta är även de sakförhållanden, som kan vara av intresse för boende eller kommande boende i området. För att säkerställa uppgifterna och samband mellan kloridhalt och andra parametrar bör urvalet av dricksvattenbrunnar utökas. Trots ett generellt svagt underlag ger inventeringen av Vreta-Ytternäs dricksvatten en bättre bild av området för Uppsala kommun.

## Förslag till fortsatta studier

På grund av delvis svagt underlag i denna studie skulle en utökad studie i området kunna vara av intresse för att säkerställa resultatet. De fastighetsägare i området som hade reningsapparat till vattnet angav i första hand att detta främst gällde uran, radon och avhärdning. Dessa tre variabler är även de som flest fastighetsägare anger att de har reningsapparat för i enkätundersökningen av Sidenqvist (2013). Intressant vore om möjligt att då utreda de eventuella hälsoeffekterna av de förhöjda halterna uran och radon i området.

I Uppsala kommuns översiktsplan framgår att Uppsalas nuvarande dricksvattenmagasin – Uppsalaåsen och Vattholmaåsen med konstgjord infiltration beräknas kunna försörja en ökande befolkning i Uppsala stad till ca 2030. Uppsalas beroende till dessa två geologiska grundvattenkällor gör dricksvattensituationen speciell. Intressant vore även att utreda sårbarheten på Uppsalas vattenförsörjning, d.v.s. resiliensen i dricksvattenförsörjningen till Uppsala. Eftersom åsarna som grundvattenmagasin är en ändlig resurs finns därför även ett behov av att undersöka Uppsala stads kommande källa/källor för dricksvatten.

## Tack

Ett antal personer och organisationer har gjort detta examensarbete möjligt och till dessa vill jag rikta ett särskilt tack.

- Marie Strand, miljö – och hälsoskyddsinspektör på Uppsala kommuns miljökontor för handledarskap.
- Torbjörn Nilsson, forskare på institutionen för mark och miljö, avdelningen för biogeokemi och miljöanalys, SLU, för handledarskap, ordnad tillgång till labblokalerna och material.
- Magnus Simonsson, forskare på institutionen för mark och miljö, SLU, ordnad tillgång till labblokalerna.
- Uppsala kommuns miljökontor för finansiering av examensarbete, tillgång till lokaler och datorer.
- Medarbetare på Uppsala kommuns miljökontor för tips, råd och hjälp.
- Fastighetsägare i Vreta-Ytternäs för visat intresse och hjälpsamhet för vattenfrågor.

## Referenser

### *Böcker och andra tryckta publikationer*

- Grip, H. & Rodhe, A. (2000): *Vattnets väg från regn till bäck*. Forskningsrådets förlagstjänst. Karlshamn
- Holmstedt, M. (2008): *Inventering av bergborrade dricksvattenbrunnar och enskilda avlopp i områden utsatta för saltvattenpåverkan. Examensarbete i Miljö – och Hälsoskydd*, Stockholms Universitet
- Knutsson, G. & Morfeldt, C-O. (1995): *Grundvatten – teori och tillämpning*. 2 upplagan. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm
- Källor i Sverige, (2006): Illustration av Anders Damberg. Svensk Byggtjänst s. 14
- Löfgren, S. (1999): Vägsaltets effekter på mark – och vattenkemin i små skogsområden i sydöstra Sverige. Vägverkets publikation. 2000:35.
- Olofsson, B. & Fleetwood, Å. (2000). *Vatten och avlopp i skärgårdsmiljö – problem och möjligheter. Skärgårdsmiljöer – nuläge, problem och möjligheter*. Nordiska ministerrådet, EU InterregIIA, Åbo, s 75-91
- SGU (2006): Miljömålsuppföljning av grundvatten i kustområden – statusbeskrivning och diskussionsunderlag. SGU rapport 2006:24. Uppsala
- SGU (2013): Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU rapport 2013:01.
- SLU/Vägverket, 1(999): *Vägsaltets effekter på mark- och vattenkemin i små skogsområden i sydöstra Sverige*. Vägverket publikation 2000:35
- Söderholm, H., Müllern, C-F. & Engqvist, P. (1983). *Beskrivning av bilagor och hydrologiska kartan över Uppsala län*. SGU. Serie Ah (hydrologiska översiktskartor i skala 1:250 000), Nr 5, s. 84
- Uppsala kommun, (2010): *Översiktsplan 2010 – för Uppsala kommun*

### *Internetsidor*

- Bergström, J., (2010). *Bostadsområdet Vreta och Ytternäs*.  
[www.vretaytternas.se](http://www.vretaytternas.se)
- Havs – och vattenmyndigheten, (2014): *EU:s ramdirektiv för vatten*.  
[www.havochvatten.se](http://www.havochvatten.se)

- Lantmäteriet, (2014): *Kartvisaren – Översiktskarta*, © Lantmäteriet i2012/901.  
www.lantmateriet.se
- Livsmedelsverket, (2014a): *Dricksvatten från enskilda brunnar och mindre dricksvattenanläggningar – handbok*.  
www.slv.se
- Livsmedelsverket, (2014b): *Råd om egen dricksvattenförsörjning*.  
www.slv.se
- Miljömål, (2012): *Generationsmålet*.  
www.miljomal.se
- Naturvårdsverket, (2013): *Miljö kvalitetsmålen*.  
www.naturvardsverket.se
- Riksdagen, (2014): *Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*.  
www.riksdagen.se
- Risberg, G., & Pihlblad-Lewin, L. (2006): *Övervakning av saltvatteninträngning i brunnar*.  
www.havochvatten.se
- SGU/Lantmäteriet, (2014): *Kartvisaren – Jordarter*.  
www.sgu.se
- Statistiska centralbyrån, (2013): *Uppsala kommunfakta*.  
www.uppsala.se

### ***Opublicerade källor***

- Sidenqvist, A. (2013): *Vreta och Ytternäs dricksvatten – baserad på enkätundersökning för grundläggande förståelse av Vreta och Ytternäs dricksvattensituation*

### ***Muntliga/Skriftliga***

- Leijon, O: Ansvarig för underhåll av väg i Vreta-Ytternäs. (2014).  
Telefonkonversation 12 maj
- SGU, (2014): Jonas Gierup, SGU kundtjänst. Mailkonversation 2014-05-05
- Uppsala vatten, (2014): Kundtjänst – Vattenlaboratoriet. Mailkonversation 13 juni

## Bilaga 1. Förfrågning om provtagning

### Undersökning av Vreta och Ytternäs dricksvattensituation – får vi ta vattenprov på ditt dricksvatten?

Att säkerställa en hållbar vattenförsörjning är en viktig fråga för Uppsala kommun. Denna undersökning är därför en uppföljning till den enkät som skickades ut under juni – 2014 för att undersöka dricksvattensituationen i området Vreta och Ytternäs. Tack vare en fantastisk svarsfrekvens på 56 % har nu vi på Miljökontoret erhållit en första helhetsbild över områdets tillgång och kvalitet på dricksvatten.

Som steg två i undersökningen samt som en del i ett examensarbete i samarbete med SLU önskar miljökontoret att få provta och undersöka ert dricksvatten med avseende på kloridhalter. Provtagningen är gratis och kommer ge oss värdefull information och ett bättre bedömningsunderlag i vårt arbete kring miljö- och hälsoskyddsfrågor i området.

Förfrågningen går till dig som lagfaren ägare till fastigheten. Finns det fler än en ägare på samma adress går endast en enkät ut. Får du fler än en enkät skickad till dig, beror det på att du är lagfaren ägare till flera fastigheter. Alla fastighetsägare som vi tror har egen brunn får förfrågningen. Har ni anslutning till kommunalt vatten via samfällighetsförening behöver ni inte besvara förfrågningen.

Kontakta oss om du är intresserad av gratis vattenanalys **senast den !** För mer information om enskilda vattentäkter, se bifogat informationsblad.

Vid frågor, kontakta:

Examensarbetare;  
Andreas Sidenqvist, student på SLU  
Tfn: 018 - 72 74 354  
e-post: andreas.sidenqvist@uppsala.se

Handledare på miljökontoret;  
Marie Strand, Miljö - och hälsoskyddsinspektör  
Tfn: 018 - 727 43 65  
e-post: marie.strand@uppsala.se

Tack på förhand och vi önskar er en trevlig vår,

*Miljökontoret genom Andreas Sidenqvist*



## Information inför provtagning

Jag som kommer att utföra provtagningen heter Andreas Sidenqvist och studerar sista året på biologi – och miljövetenskapsprogrammet på SLU i Uppsala. Den här undersökningen ingår i mitt examensarbete som görs vid institutionen för mark och miljö på SLU i samarbete Uppsala kommuns miljökontor. För ett så statistiskt säkerställt resultat som möjligt krävs att många deltar i undersökningen. Jag är därför mycket tacksam om du tillåter mig att provta ditt vatten.

## Provtagning

Innan vattenprovet kan tas skall kranen spolas i 5 min. Därefter tas vattenprovet vilket är ca 5 dl och tas på **råvattnet**, d.v.s. det vatten som är i direkt anslutning till brunnen, **innan** eventuell reningsapparat. Om inte någon rening finns installerad tas vattenprovet från en kran inomhus, från utkastare/kran på utsidan av huset eller i anslutning till hydrofor/hydropress. Provtagningen går därför mycket fort och analyseras därefter med avseende på **klorid**.

### Hör av dig till mig per telefon eller mail om du:

- Vill låta ditt vatten provtas på klorid
- Har en bergborrad brunn
- Har möjlighet att utföra provtagning på råvatten
- Har möjlighet för hembesök **lördag/söndag den 26/27 april** eller **torsdag den 1 maj** (mellan kl: 8-18)

## För bokning av provtagning hör av er till:

Examensarbetare: Andreas Sidenqvist, student på SLU

Tfn: 018 - 727 43 54 / 072 - 569 38 88

e-post: andreas.sidenqvist@uppsala.se

**OBS!** Om ni gärna vill att ert vatten provtas, men inte har möjlighet att vara hemma vid de provtagningstillfällen som ges, kan jag med er tillåtelse ta vattenprov från er vattenkastare/kran på utsidan av huset. Sista dag för bokning av provtagning är den 24 april.

## Återkoppling

Återkoppling sker genom utskick av den sammanställda rapporten samt information om din fastighet. Jag vill även påminna om att alla kontaktuppgifter och information kommer att behandlas konfidentiellt.

*Vänliga hälsningar Andreas Sidenqvist*

## Bilaga 2. HACH Testkit 8-P Chloride low

### *Kloridanalys*

För att analysera mängden klorid i vattenproverna användes ”testkit 8-P chloride low” från det amerikanska företaget HACH Company vilka tillverkar analysapparatur för vatten. Testet är ett titreringstest med silvernitratlösning där varje droppe silvernitrat motsvarar en viss mängd klorid. Ett pulver tillsätts i vattenprovet för att detektera färgomslaget när mängden silvernitrat som tillsats motsvarar mängden klorid i vattnet. Analyskittet är verksamt i området 0 - 100 mg(Cl)/l respektive 0 – 400 mg(Cl)/l. För testintervallet 5 - 100 mg(Cl)/l motsvarar varje droppe silvernitrat 5 mg(Cl)/l respektive 20 mg(Cl)/l i det större intervallet. Testets noggrannhet beror således på i vilket intervall man titrerar samt den personliga bedömningen när färgomslag sker. Denna nivå av noggrannhet har dock bedömts tillräcklig för detta arbete.

### *Genomförande*

#### *Intervall 0 – 100 mg(Cl)/l.*

- 1) Fyll 23 ml provvatten i den fyrkantiga blandflaskan.
- 2) Tillsätt en påse med pulver för att indikera färgomslag och lös ut helt i vattnet.
- 3) Tillsätt silvernitratlösningen droppvis med medföljande droppflaska. Räkna antalet droppar och avbryt när färgomslag sker från gult till rödbrunt.
- 4) Multiplicera antalet tillsatta droppar silvernitratlösning med 5 för att erhålla vattnets kloridhalt i mg/l.

#### *Intervall 0 – 400 mg(Cl)/l.*

- 1) Fyll det medföljande plaströret med vatten och tillsätt därefter i blandflaskan.
- 2) Tillsätt en påse med pulver för att indikera färgomslag och lös ut helt i vattnet.
- 3) Tillsätt silvernitratlösningen droppvis med medföljande droppflaska. Räkna antalet droppar och avbryt när färgomslag sker från gult till rödbrunt.
- 4) Multiplicera antalet tillsatta droppar silvernitratlösning med 20 för att erhålla vattnets kloridhalt i mg/l.

### Bilaga 3. Mätdata

Fastighet	Provtagningsdatum	Kloridhalt [mg/l]	pH	Brunnsdjup (m)	Brunnsålder	Kapacitet (l/h)
1	2014-04-26	25	7,41	70	7	800
2	2014-04-26	40	7,25	X	X	X
3	2014-04-26	25	7,06	24	32	300
4	2014-04-26	70	7,47	82	24	240
5	2014-04-26	20	7,27	60	9	1500
6	2014-04-26	55	7,06	X	X	X
7	2014-04-26	30	7,34	100	3	X
8	2014-04-26	500	7,12	106	32	770
9	2014-04-26	40	7,13	75	2	800
10	2014-04-26	35	7,25	121	3	X
11	2014-04-26	25	7,66	65	25	X
12	2014-04-26	30	7,50	91	25	2400
13	2014-04-26	30	7,75	102	25	360
14	2014-04-26	20	7,07	73	34	1080
15	2014-04-26	25	7,52	70	18	X
16	2014-04-26	25	7,41	100	35	1400
17	2014-04-26	60	7,55	69	25	100
18	2014-04-26	75	7,55	61	23	5000
19	2014-04-26	45	7,44	41	17	1000
20	2014-04-26	20	7,34	46	17	1200
21	2014-04-26	35	6,91	86	20	152
22	2014-04-26	25	7,13	100	25	200
23	2014-04-27	40	7,18	100	25	300
24	2014-04-27	50	7,24	104	33	300
25	2014-04-27	30	8,18	80	24	X
26	2014-04-27	60	7,33	85	20	100
27	2014-04-27	30	7,92	107	28	240
28	2014-04-27	55	7,14	100	14	1100
29	2014-04-27	40	7,36	80	8	X
30	2014-04-27	45	7,49	82	X	X
31	2014-04-27	45	7,24	106	34	800
32	2014-04-27	20	7,38	X	X	X
33	2014-04-27	65	7,38	85	20	500
34	2014-04-27	55	6,96	91	26	130
35	2014-04-27	20	7,44	60	X	X
36	2014-04-27	20	7,05	40	X	X
37	2014-04-27	60	7,28	100	34	X
38	2014-04-27	50	7,36	54	11	300

Fastighet	Provtagningsdatum	Kloridhalt [mg/l]	pH	Brunnsdjup (m)	Brunnsålder	Kapacitet (l/h)
39	2014-05-01	15	7,34	102	11	1300
40	2014-05-01	20	7,53	X	X	X
41	2014-05-01	25	7,11	80	34	X
42	2014-05-01	50	8,01	70	59	X
43	2014-05-01	45	7,53	70	7	200
44	2014-05-01	15	7,54	61	12	300
45	2014-05-01	45	7,34	97	46	X
46	2014-05-01	75	7,23	109	1	250
47	2014-05-01	40	7,29	85	11	600
48	2014-05-01	110	7,25	52	19	700
49	2014-05-01	125	7,07	58	19	150
50	2014-05-01	25	7,12	48	X	X
51	2014-05-01	35	7,18	100	X	X
52	2014-05-01	50	7,36	110	11	100
53	2014-05-01	185	7,61	X	X	X
54	2014-05-01	30	7,04	80	7	900
55	2014-05-01	105	7,03	58	22	2880
56	2014-05-01	65	7,21	100	14	675